

平成23年度 編入学・転入学者選抜 専門試験

機械工学科 問題冊子 (解答時間120分)

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、配布された冊子を開いてはいけません。
2. 計測物理系プログラムと、機械系・エネルギー系プログラムでは、選択科目が異なります。第1志望のプログラムが指定する選択科目から、3科目を選択し解答してください。選択可能な問題は各プログラムで以下の○印の科目です。その中から3科目を選び、解答しなさい。

科目番号・科目名	機械工学科 教育プログラム名		
	計測物理系	機械系	エネルギー系
[1] 力学	○		
[2] 流体力学(1)	○		
[3] 応用数学	○		
[4] 電気工学	○		
[5] 制御工学	○	○	○
[6] 材料力学		○	○
[7] 熱力学		○	○
[8] 流体力学(2)		○	○

3. この冊子には問題用紙が8枚、下書き用紙が2枚あります。用紙の脱落等に気づいたときには、手を挙げて監督者に知らせてください。
4. 問題用紙の余白や下書き用紙は、計算などに適宜使用して構いません。
5. 別冊子の解答用紙冊子には、解答用紙が3枚あります。用紙の脱落等に気づいたときには、手を挙げて監督者に知らせてください。3枚すべての解答用紙の該当欄に、「科目番号」「科目名」「志望教育プログラム名」「受験番号」「氏名」を記入してください。
6. 時計のアラーム（時計機能以外の機能を含む）は、使用しないでください。
7. コンパス及び定規等は使用できません。
8. 携帯電話、PHS等は、電源を切って、カバン等に入れてください。
9. 試験終了まで退室できません。試験時間中に用がある場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
10. 試験終了後に解答用紙は回収します。問題用紙および下書き用紙は持ち帰ってください。

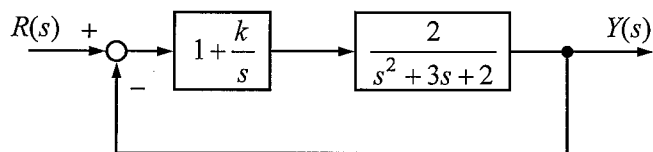
[5] 制御工学

計測物理系, 機械系, エネルギー系プログラム 選択問題

問1 伝達関数 $G(s) = \frac{a}{Ts+1}$ を持つシステムに対して, 以下の問いに答えよ。ただし, a および T ($T > 0$) は定数である。

- (1) 入力信号を $u(t)$, 出力信号を $y(t)$ としたとき, 入力信号と出力信号の関係を表す微分方程式を示せ。
- (2) このシステムに単位ステップ信号を入れた。このときの出力信号の立ち上がり時間を求めよ。立ち上がり時間は応答が最終値の10%から90%まで変化するのに要する時間をいう。ただし, $\log_e 3 \approx 1.1$ とせよ。
- (3) $a=2$, $T=2$ [秒] とする。このシステムの周波数応答の位相が -45° となる周波数を単位を [Hz] として求めよ。

問2 下図に示すシステムにおいて, 次の問いに答えよ。



- (1) $R(s)$ から $Y(s)$ への伝達関数を求めよ。
- (2) この閉ループ系が安定となる k の範囲を求めよ。
- (3) この閉ループ系が安定であるとき, $R(s)$ から $Y(s)$ への直流ゲインを求めよ。
- (4) $R(s)$ を目標値, $Y(s)$ を制御量とする。 $R(s)$ に任意の大きさのステップ信号を入れたとき制御量が時刻とともに目標値に漸近する k の範囲を求めよ。

[6] 材 料 力 学

機 械 系 , エ ネ ル ギ ー 系 プ ロ グ ラ ム 選 択 問 題

問 1 縦弾性係数 E の材料から作製した図1に示す形状の部材ACB(棒)がある。断面は長方形で高さ h は均一である。一方、幅は C で変化しており、AC間は b_A 、CB間は b_B となっているが、上部に一点鎖線で示したように幅方向の中央の面は一致している。なお、段部における応力集中等は考えない。以下の問に答えよ。

- (1) 図2に示すように、Aを固定してBに軸方向の荷重 P をかけた。AC間、CB間に生じる応力をそれぞれ答えよ。
- (2) 上記(1)同様A端を固定し、B端に軸方向の強制変位 δ を与えた。AC間、CB間に生じる応力をそれぞれ答えよ。計算過程を示すこと。
- (3) 上記(1)の場合のCB間の応力状態をモールの応力円として表示せよ。

問 2 図1に示す上記問1で説明した部材をはり(梁)と考え、問1同様Aを固定して、今度は図3に示すようにBに横方向下向きの荷重 W をかけた。以下の問いに答えよ。ただし、せん断力 F 、曲げモーメント M は図4の矢印の方向を正とする。

- (1) せん断力図、曲げモーメント図を、図3中の x 座標の方向にあわせてそれぞれ描け。
- (2) AC間、CB間それぞれの断面の断面2次モーメントの表示を書け。
- (3) 部材ACBに生じる最大の曲げ応力の値を示せ。また、それが生じる断面の軸方向の位置と断面上の場所を答えよ。
- (4) AC間、CB間それぞれの断面の断面2次モーメントを I_A 、 I_B と記し、Cにおけるたわみを計算せよ。計算過程を示すこと。

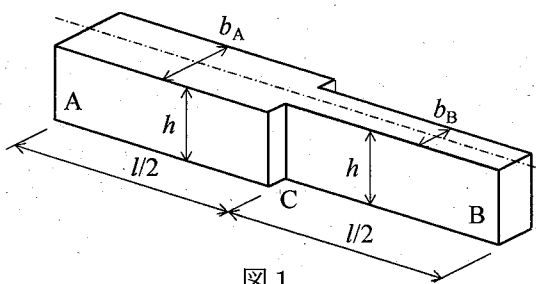


図 1

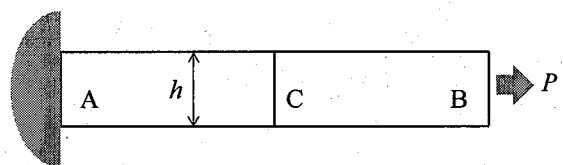


図 2

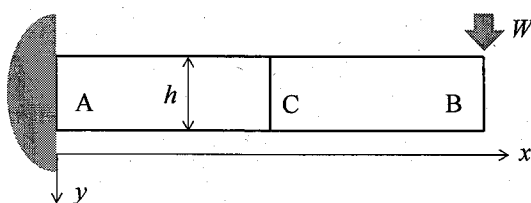


図 3

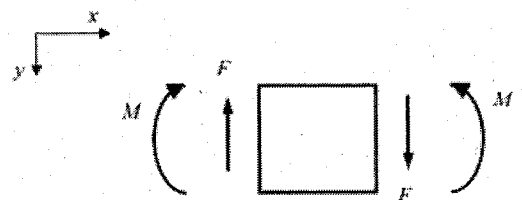


図 4

[7] 熱力学

機械系, エネルギー系プログラム 選択問題

問1

一定の圧力 $p_0=0.1 \times 10^6$ Pa の下, 空気 1 kg を準静的に加熱, 膨張させる。加熱前と加熱後の空気の温度はそれぞれ $T_0=300$ K, $T_1=600$ K とする。空気は理想気体で, 比熱比 $\kappa=1.4$, 定積比熱 $c_v=700$ J/(kg·K), 気体定数 $R=280$ J/(kg·K) とする。加熱された空気について以下の値を解答せよ。必要ならば, $\ln 2=0.693$ を用いること。

- (1) 体積の変化量 ΔV [m³]
- (2) 空気のした仕事 W [J]
- (3) 内部エネルギーの変化量 ΔU [J]
- (4) 加熱に要した熱量 Q [J]
- (5) エンタルピーの変化量 ΔH [J]
- (6) エントロピーの変化量 ΔS [J/K]

問2

断熱ピストン (以下, ピストン) により閉じられた断熱シリンダー (以下, シリンダー) があり, 中に空気が閉じこめられている。下図に示すように, シリンダーの中はシリンダーに固定され移動しない隔壁で2室 (A 室, B 室) に分けられている。隔壁の体積は無視でき, また隔壁を通した気体および熱の移動はない。A 室の体積は V_0 , B 室の初期状態の体積は $2V_0$ とする。初期状態では, A 室, B 室の空気は, ともに温度 $T_0=300$ K, 圧力 $p_0=0.1 \times 10^6$ Pa の状態にある。

次に, B 室の体積が $V_0/2$ になるまでピストンを移動させ可逆的に圧縮する。このとき, 以下の問いに答えよ。ただし, 空気は理想気体とし, 比熱比 $\kappa=1.4$, 定積比熱 $c_v=700$ J/(kg·K) とする。また, 必要ならば, $0.5^{0.4}=0.758$, $2^{0.4}=1.32$, $4^{0.4}=1.74$ を使用すること。

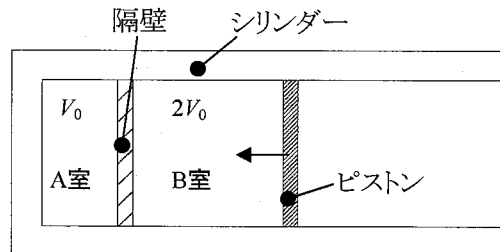
- (1) 圧縮後の B 室の気体の温度 T_1 [K] と圧力 p_1 [Pa] を数値で答えよ。

さらに, ピストンを固定したまま隔壁を取り除き A 室と B 室の空気を混合する。このとき以下の問いに答えよ。

- (2) 混合前後で空気の内部エネルギーの総和が変化しないことを用いて混合後の空気の温度 T_2 [K] を数値で答えよ。

混合後, シリンダー内の空気を可逆的に膨張させ, 空気の体積が $3V_0$ になった。これを終状態とする。

- (3) 終状態でのシリンダー内の空気の温度 T_3 [K] を数値で答えよ。



初期状態

[8] 流 体 力 学 (2)

機 械 系 , エ ネ ル ギ ー 系 プ ロ グ ラ ム 選 択 問 題

図 1 に示すように、半径 R [m]、高さ H [m] の円筒状容器に底面から高さ z_s [m] まで水 (一様密度 ρ [kg/m³]) が入っており、静止状態にある。まず、この静止状態にある水について、次の (1) と (2) の問いに答えよ。ただし、重力加速度を g [m/s²]、周囲の大気圧力を p_a [Pa] とする。なお、本選択問題における圧力はすべて絶対圧とする。

- (1) 容器底面 (円板面) の中心点 O 並びに外周端部 A における圧力をそれぞれ求めよ。
- (2) 水面は圧力が p_a の等圧面である。容器底面が等圧面であるかどうかを理由とともに記せ。

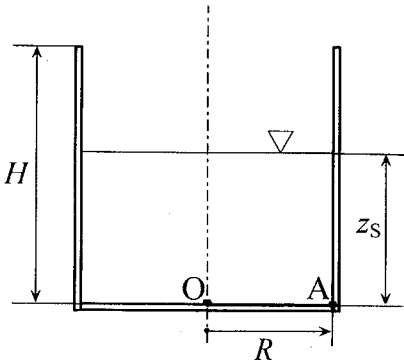


図 1 静止状態

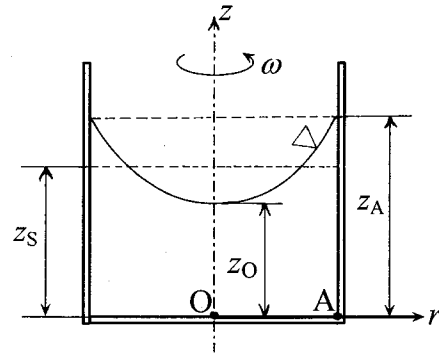


図 2 容器を回転させてから十分な時間経過後の状態

次に、この容器を鉛直の中心軸まわりに一定の角速度 ω [rad/s] で回転させると、水は運動を始め水面形状も変化する。しかしながら、十分な時間経過後には、水は回転容器に対して相対運動を行わない流れ状態 (相対的静止状態) に至り水面は時間的に変化しない一定の曲面形状を示す (図 2)。図 2 の相対的静止状態について、以下の (3) ~ (10) の問いに順番に答えよ (あとに出てくる問いの答えを用いて答えてはいけない)。ただし、図 2 中の r [m] および z [m] は、それぞれ回転容器に固定した半径および軸座標の座標軸 (原点は O) を示す。また、原点 O の真上の水面の高さを z_0 [m] とし、外周端部 A の真上の水面の高さを z_A [m] とする。

- (3) 相対的静止状態にある流体は、静止流体の場合と同様の取り扱いが可能である。このことを利用して、点 O における圧力 p_0 [Pa] を ρ 、 g 、 p_a および z_0 で表せ。さらに、圧力が p_0 の等圧面の形状を水面形状との関係で示せ (例えば、等圧面は水面を \cdots した形状を示すというような表現で)。
- (4) $0 \leq r \leq R$ 、 $z_s \leq z \leq z_A$ で表される円柱部分の体積を V_C [m³] とし、 $0 \leq r \leq R$ 、 $z = z_A$ で表される水平面と水面で囲まれる部分の体積を V_P [m³] としたとき、 V_C と V_P の値は等しいかどうかを理由とともに記せ。
- (5) 水面において半径および軸座標がそれぞれの r 、 z の位置における水の微小要素 (質量 m [kg]) に作用するすべての力について、それらの名称と大きさ (m などの記号を用いて) 並びに方向・向き (半径方向・外向きあるいは内向き、軸方向・上向きあるいは下向き、または水面の法線方向で軸座標の値が増加あるいは減少する向きという表現で) を記せ。ただし、微小要素がそのまわりから受ける圧力による合力の大きさを F_n [N] とし、この力については方向・向きを示すとともに、その大きさを他の力 (の記号) を用いて表せ。
- (6) 水面において半径および軸座標がそれぞれの r 、 z の位置における接線の傾き (半径座標の座標軸とのなす角を α [rad] とし $\tan \alpha$) を r 、 g および ω で表せ。
- (7) 水面の形状の z 座標を z_0 、 r 、 g および ω で表せ。
- (8) z_A を z_0 、 R 、 g および ω で表せ。ただし、 $z_A \leq H$ とする。
- (9) (4) における V_C を z_A 、 z_s および R で表せ。また、 V_P を z_A 、 z_0 、 g および ω で表せ。さらに、 V_P を R 、 g および ω で表せ。
- (10) (4)、(9) の結果を用いて、 z_A を z_s 、 R 、 g および ω で表せ。さらに、 z_0 を z_s 、 R 、 g および ω で表せ。